

Prototipo sostenible para laboratorio remoto

Anderson Ballesteros, Jesus Galceran, Cecilio Angulo, Ramon Costa
Departament d'Enginyeria de Sistemes, Automàtica i Informàtica Industrial (ESAI)
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

Resumen

El artículo describe los trabajos y diseños realizados para construir una maqueta pensada para la realización de prácticas remotas en el ámbito de la automática. El diseño tiene en cuenta diferentes aspectos de sostenibilidad y simplificación del desarrollo del laboratorio remoto.

Palabras clave: laboratorio remoto, motor de corriente continua, prácticas de automática.

1. Introducción

En los últimos años se ha producido un auge importante en los desarrollos relacionados con laboratorios virtuales, laboratorios remotos, o laboratorios virtuales/remotos. Como prueba de ello cabe destacar la aparición de redes de laboratorios en la red, un ejemplo de estas redes es Automatl@b [1, 2, 3].

En la literatura, la mayoría de trabajos se han centrado en aspectos tecnológicos relacionados con la conexión a través de Internet, el desarrollo de las interfaces de usuario o el diseño de los experimentos a realizar, dejando de lado aspectos de carácter práctico que deben resolverse. Entre estos aspectos que han sido omitidos, uno de ellos es la disposición física de los componentes del laboratorio remoto, el sistema de iluminación o los mecanismos de gestión del sistema de alimentación. En este trabajo se desarrolla una propuesta de resolución de todos estos problemas para un laboratorio remoto basado en un motor de corriente continua, pensado para la realización de prácticas de Control Digital.

El trabajo presenta la siguiente estructura: la sección 2 presenta el equipo didáctico elegido como base del laboratorio remoto, la sección 3 describe la estructura mecánica diseñada para contener todo el laboratorio remoto, la sección 4 describe la cámara seleccionada y el sistema de iluminación incorporado, la sección 5 describe el mecanismo de encendido y apagado, la sección 6 describe la

estructura del software y finalmente la sección 7 presenta algunas conclusiones del trabajo realizado.

2. Planta

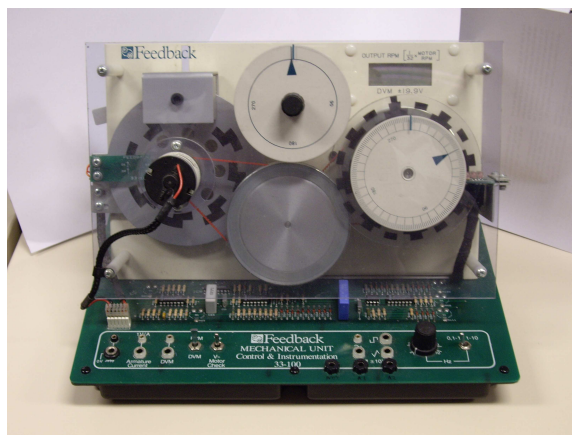


Figura 1: Prototipo del motor de continua.

De acuerdo con los objetivos pedagógicos definidos previamente se ha seleccionado el uso de un motor de corriente continua en salida posición y salida velocidad. Entre los diferentes equipos disponibles en el mercado, se ha seleccionado el módulo 33-033 de Feedback. Este está compuesto por diferentes componentes, para el proyecto se ha adquirido la componente mecánica (FEEDBACK Mechanical Unit 33-100), Figura 1, y la fuente de alimentación¹. Para interfazar la parte mecánica con el resto de componentes del sistema se utilizan los conectores (PL1, Header 17x2) disponibles situados en la parte trasera del equipo. Las señales que se utilizan son:

- sensado de posición (θ out, PL1-23)
- sensado de velocidad (ω out, PL1-32)
- actuación negativa ($PA-I/P$, PL1-27)
- actuación positiva ($PA+I/P$, PL1-28)

¹La fuente de alimentación puede ser substituida por otras fuentes reguladas.

- masa (0V, PL1-21)

Todas ellas disponibles en el conector PL1 situado en la parte trasera del de la planta.

3. Estructura mecánica

Usualmente los laboratorios remotos se montan sobre una mesa de un laboratorio. Aunque esta práctica ofrece mucha flexibilidad presenta dificultades tales como la movilidad, la iluminación, la poca robustez frente la interacción con estudiantes y demás personas que acceden al laboratorio. Por dicho motivo se decidió construir una estructura mecánica que contenga todos los componentes del laboratorio.

El montaje requiere de robustez suficiente para evitar movimientos tanto de la cámara como de la planta, así como facilidad de transporte. El acero fue seleccionado como material para la construcción de la estructura por su coste y robustez. El diseño y dimensiones de la estructura se observan en la figura 2.

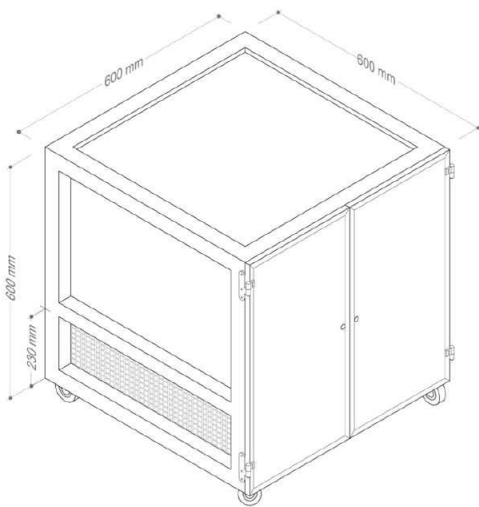


Figura 2: Estructura mecánica

Al ser una estructura cerrada y estar dispuestos todos los componentes en su interior, el sistema es desplazable sin problemas, no se pueden tocar los elementos y la iluminación es homogénea. La estructura está partida en dos partes, en la parte superior se instalarán la planta, el sistema de iluminación y la webcam; mientras que en la parte inferior se colocan el PC, la fuente de alimentación y el sistema de encendido y apagado.

En la parte interior de la estructura, las paredes laterales están formadas por una rejilla que facilita la ventilación de la fuente y el PC, que son elementos que pueden presentar problemas de tempera-



Figura 3: Vista de la parte inferior de la estructura mecánica construida

tura. la Figura 3 muestra una vista de la parte inferior de la estructura. Entre la parte inferior y la parte superior existente un par de agujeros que facilitan pasar los cables de comunicación y alimentación entre ambas partes.

Finalmente en la parte superior se han colocado algunos imanes que permiten fijar la posición de la planta sin necesidad de modificar su estructura.

Cabe mencionar, por último, que se han colocado unas ruedas en la parte inferior de facilitar la movilidad de la estructura siempre que sea necesario.

4. Sistema de cámara e iluminación

Los laboratorios remotos suelen disponer de cámaras que permiten observar, de forma remota, la evolución de la planta durante los diferentes experimentos. Dado que el acceso al laboratorio debe poderse hacer durante las 24 horas del día, el tema de la iluminación resulta de vital importancia. Adicionalmente, es vital que la relación geométrica entre la cámara y la planta se mantenga constante, sobre todo pensando en la implementación de técnicas de realidad aumentada [4] de forma sencilla y sin algoritmos de procesamiento de imagen. Por su estructura compacta y coste, se ha seleccionado una cámara IP. La cámara IP, AXIS M10, ofrece un diseño funcional y una gran calidad. Cuenta con tecnología de barrido progresivo, que genera imágenes con resolución HVGA, posibilidad de conexión desde un dispositivo móvil 3G y 1 lux de capacidad mínima para trabajar, ideal para implementar en el laboratorio (ver figura 4). La base de la cámara se ha instalado sobre una regleta deslizante (parte superior de la estructura) para conseguir un rango mayor de distancia entre la cámara y el objetivo. La regleta añade un grado de libertad y permite ubicar acertadamente la cámara.

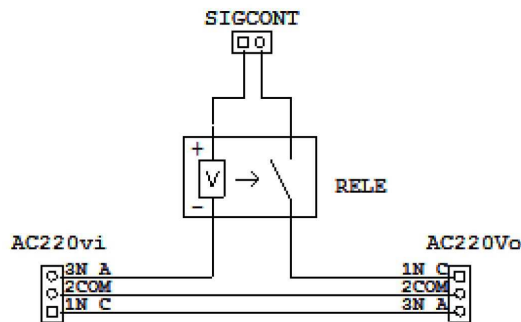


Figura 8: Esquema de conexionado del SSR.

- Consumo de la planta: 15 volts 1.5 A - 22.5W
- Consumo de la iluminación: 24 volts - 1.75A - 42W

este estudio se ha tenido en cuenta para seleccionar el elemento de conmutación.

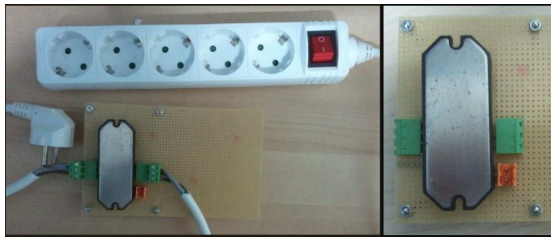


Figura 9: Prototipo construido.

Para el control del suministro de energía, se utiliza un relé de estado sólido (SSR) upd2415df-10 (figura 7) de la casa Crydom. Este SSR es de bajo coste, no requiere de más elementos externos para cumplir su función y puede ser conmutado con niveles de voltaje bajos (3V), fácilmente generables con una tarjeta de entradas/salidas. En la figura 8 se detalla el esquema circuital del relé, donde *AC220Vi* indica el conector del voltaje de entrada (220Volts), *AC220Vo* es el conector del voltaje de salida, y *SIGCONT* es la señal de control que activa el relé y permite con una corriente y tensión de alimentación pequeña activar la tensión de salida en el conector *AC220Vo*. Se consigue de esta forma que el sistema sea controlable desde la misma tarjeta AD/DA. En su máximo nivel de operación, este SSR está diseñado para soportar 15 amperios a 280 voltios, cosa que permite alimentar los elementos sin mayor problema. Finalmente, el SSR se ha integrado con un conector comercial cosa que facilita el conexionado de todos los elementos (figura 9).

Un análisis crítico para establecer el retardo en la conexión / desconexión del sistema es el del tiem-

po de encendido de la cámara y el servidor web. Se calculó el tiempo que tarda la cámara IP en transmitir imágenes después de recibir la alimentación, siendo el tiempo obtenido de 38 segundos. Este tiempo puede ser un poco elevado para aplicaciones en que se realicen experimentos cortos, pero resulta aceptable en laboratorios en que el usuario utiliza el laboratorio remoto durante períodos de largos (30min, 1h ...). Por ello en función del planteamiento la webcam puede colocarse antes o después del sistema de conexión/desconexión. En nuestro caso se ha asumido el retraso como aceptable y por ello se ha conectado la alimentación después del SSR.

6. Software

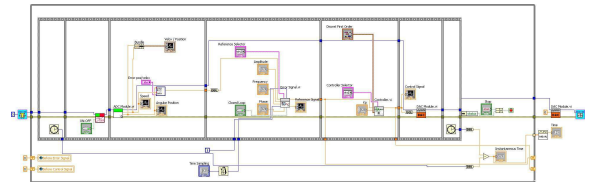


Figura 10: Esquema del código del sistema de control.

Como sistema de control, que siempre está conectado pues gestiona la conexión de red, se ha utilizado un PC estándar. Este está dotado de un procesador intel core 2 duo, con sistema operativo Windows XP Profesional de 64 bits y memoria RAM de 160 GB. Está equipado, también, con una tarjeta de entradas salidas PCI-1711 de *Advantech*. Esta tarjeta dispone de 16 entradas analógicas, 2 salidas analógicas y diferentes entradas/salidas digitales. Cabe mencionar que el convertor DA de la tarjeta no genera señales de polaridad negativa. Con el fin que el motor se pueda mover en los dos sentidos es imprescindible poder generar este tipo de señales. Para ello se utilizarán los dos conversores DA que incorpora la planta, uno de ellos se utilizará para la polaridad positiva, conectándolo a la entrada PA+I/P de la planta y el otro se utilizará para la polaridad negativa, conectándolo a la entrada PA-I/P de la planta. A efectos del laboratorio remoto se utilizan las siguientes conexiones:

- Canal AD0 : salida *Tacho+* de la planta (medida de velocidad)
- Canal AD1 : salida *Theta out* de la planta (medida de posición)
- Canal DA1 : entrada *PA+I/P* de la planta (componente positiva de la acción de control)
- Canal DA2 : entrada *PA-I/P* de la planta (componente negativa de la acción de control)

- Salida Digital P1.1 : Gestión del SSR.

Con el fin de facilitar el conexionado de las entradas/salidas de la tarjeta con la planta y el circuito del relé se está usando una regleta de conexión PCLD-8710².

Para implementar el software de control se ha utilizado Labview. Este permite una implementación sencilla y directa basada en su lenguaje de programación gráfico. Dado que la tarjeta utilizada no es de National Instruments, la gestión de dicha tarjeta implica la instalación de unos *drivers* disponibles en la web de *Advantech*. Una vez hecho esto la tarjeta es fácilmente gestionable desde Labview, la figura 10 muestra el código principal de la aplicación diseñada.

La aplicación de usuario se está desarrollando mediante EJS [5]. Para enlazar EJS y la aplicación desarrollada en Labview se está utilizando el *JIL server* [6, 7], esta librería permite interactuar remotamente con la aplicación local. De forma similar, se integra la imagen de la cámara mediante unas librerías similares.

7. Conclusiones

En trabajo ha presentado los desarrollos realizados con el fin de construir un prototipo de laboratorio remoto que sea a la vez robusto y sostenible desde el punto de vista del consumo energético.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido parcialmente financiado mediante la convocatoria de Nuevas iniciativas del departamento de ESII, la convocatoria de ayudas para proyectos de la mejora de la docencia de la UPC y el proyecto DPI2010-15110.

Referencias

- [1] H. Vargas, J. Sanchez, C. A. Jara, F. A. Candelas, O. Reinoso, and J. L. Díez. Docencia en automática: Aplicación de las TIC a la reali-

zación de actividades prácticas a través de internet. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*, 7(1):35–45, 2010.

- [2] J. L. Guzman, M. Domínguez, M. Berenguel, J. J. Fuentes, F. Rodríguez, and P. Reguera. Docencia en automática: Aplicación de las TIC a la realización de actividades prácticas a través de internet. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*, 7(1):10–22, 2010.

²Está será substituida en breve por un cable *ad hoc*.

- [3] Ramon Costa-Castelló, Marina Vallés, Luís Miguel Jiménez, Lluís Diaz-Guerra, Angel Valera, and Rafael Puerto. Integración de dispositivos físicos en un laboratorio remoto de control mediante diferentes plataformas: Labview, matlab y c/c++. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial (RIAI)*, 7(1):23–34, January 2010.
- [4] Ronald T. Azuma. A survey of augmented reality. In *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4):355–385, August 1997. Available online.
- [5] Francisco Esquembre. *Creación de Simulaciones Interactivas en Java. Aplicación a la Enseñanza de la Física*. Pearson Prentice Hall. Educación, 2005.
- [6] H. Vargas, J. Sánchez, N. Duro, R. Dormido, S. Dormido-Canto, G. Farias, S. Dormido, F. Esquembre, C. Salzmänn, and D. Gillet. A systematic two-layer approach to develop web-based experimentation environments for control engineering education. *Intelligent Automation & Soft Computing*, 14(4):505–524, 2008.
- [7] Héctor Vargas, José Sánchez-Moreno, Sebastián Dormido, Christophe Salzmänn, Denis Gillet, and Francisco Esquembre. Web-enabled remote scientific environments. *Computing in Science and Eng.*, 11(3):36–46, 2009.